

## **HODNOTENIE ÚTVARU POVRCHOVEJ VODY V PODMIENKACH SLOVENSKA A MOŽNOSTI STANOVENIA PARAMETROV ZMIEŠAVANIA V TOKU**

Tatiana Kimličková, Yvetta Velísková

Vodné toky, nachádzajúce sa nielen na našom území, ale aj v sade vo svete, sú každodenne začažované antropogénou činnosťou. V záujme riešiť problematiku zvyšujúcich sa požiadaviek na využívanie zdrojov vody v požadovanom množstve a vo vyhovujúcej kvalite, s cieľom zabezpečenia jej trvalo udržateľného využívania aj pre budúce generácie. Európsky parlament a Rada prijali smernicu 2000/60/ES, ktorá ustanovuje rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky, skrátene nazývaná Rámcová smernica o vode (RSV), ktorá sa stala záväzná aj pre Slovensko. Prijatím RSV sa zmenil pohľad na ochranu a hodnotenie kvality zdrojov vôd. Obsah príspevku sa v krátkosti venuje hodnoteniu vodných útvarov podľa pravidel, ktoré nám táto smernica udáva. V prípade, že sa znečistenie už dostalo do vodného útvaru, je potrebné vedieť, ako sa znečisťujúca látka transportuje vo vodnom toku. Preto ďalšou témovej je hodnotenie schopnosti toku premiešať vniknuté znečistenie, a tým znížiť koncentráciu nesenej látky. Jednou z charakteristik opisujúcich túto vlastnosť je koeficient pozdĺžnej disperzie. Spôsobmi stanovenia jeho hodnoty sa zaobrádrahá časť príspevku. Hodnoty tohto koeficientu sú častokrát klúčovými vstupnými údajmi simulačných modelov, ktoré sú dôležitým nástrojom hodnotenia opatrení na udržanie, prípadne zlepšenie kvality vôd vo vodných tokoch.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** vodný útvar, disperzia, koeficient pozdĺžnej disperzie, stopovacie pokusy

**ASSESSMENT OF WATER STREAMS IN CONDITION OF SLOVAKIA AND POSSIBILITIES DETERMINE MIXING PARAMETERS IN THE WATER STREAMS.** Water streams are impacted by anthropogenic activities every day. In order to solve the water quality problem the European Parliament and the Council adopted Directive 2000/60/ES which establishing a framework for water policy, abbreviated as the Water Framework Directive (WFD). This Directive has become mandatory one also in Slovakia. The part of contribution briefly described the assessment of water streams according to the rules of this Directive in Slovakia territory. Important task, linked with water quality assessment, is also the information about pollutant transport in a stream. For this reason, the next part of contribution deals with evaluation of stream ability to spread pollution and decrease pollutant concentration. One of the characteristics determines this property is longitudinal dispersion coefficient. The values of this coefficient are often the key inputs of simulation models which are important tool for assessing measure to maintain or improve water quality in water streams.

**KEY WORDS:** water streams, dispersion, longitudinal dispersion coefficient, tracer study

### **Úvod**

Znečisťovanie vodných zdrojov je vážnym ekologickým, ale aj vodohospodárskym problémom súčasnosti. To bolo aj jedným z impulzov pre prijatie smernice Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES z 23. októbra 2000 ustanovujúcej rámec pôsobnosti spoločenstva EU v oblasti vodnej politiky – tzv. Rámcová smernica o vode (RSV). Táto smernica ustanovuje rámec

ochrany vnútrozemských povrchových vôd, brackých vôd, pobrežných vôd a podzemných vôd, ktorý má zabrániť ďalšiemu zhoršovaniu, ochráni a zlepší stav vodných ekosystémov, podporí trvalo udržateľné využívanie vody založené na dlhodobej ochrane využívateľných vodných zdrojov, povedie k zvýšenej ochrane a zlepšeniu vodného prostredia, prispeje k zmierneniu účinkov povodní a sucha. RSV bola prebraná do slovenskej legislatívy, konkrétnie do zákona č. 364/2004 Z. z.

o vodách a do jeho následných noviel. Pod stavom vodného útvaru charakterizujeme vodný útvar zo zreteľom ku spôsobu užívania vody. Charakteristiku stanovujeme na základe súboru jeho kvantitatívnych a kvalitatívnych ukazovateľov. Znečistenie vody znamená zmenu kvality vody zhoršujúcu jej vhodnosť pre použitie k určitému účelu. Hodnotenie stavu povrchových vód sa komplexne vykonáva v povodiach, v čiastkových povodiach i v jednotlivých útvaroch povrchových vód. Dobrým stavom povrchových vód je, ak je ich ekologický a chemický stav aspoň dobrý. Aby sa zabezpečil dobrý stav povrchových vód, je potrebné monitorovať nielen vodu vodného útvaru, ale aj vody, ktoré sú vypušťané do recipientov (odpadové vody), a to aj napriek tomu, že tieto pred ich vypušťaním do povrchových alebo podzemných vód by mali prejsť čisteniu, ktoré má zabezpečiť požadované limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia. Voda v tokoch je znečisťovaná rôznymi spôsobmi, a to vypušťaním odpadových vód, ropnými látkami, hnojivami, a dokonca aj prílišné nahromadenie rastlín sa pokladá za znečistenie toku. Vody v tokoch sú v súčasnosti začažované aj s znečistením, sa dostáva do tokov v období extrémnych hydrologických udalostí, splachom z priemyselných a mestských komunikácií, a pod.. Transport znečisťujúcej látky v povrchových tokoch je ovplyvnený fyzikálnymi, chemickými a biologickými faktormi a procesmi, a preto treba venovať pozornosť štúdiu týchto procesov. V praxi obvykle sa používa predpoklad rovnováhy systému.

### Hodnotenie vodného útvaru

RSV ustanovuje metódy ochrany vód, ktoré by mali zabrániť ďalšiemu zhoršovaniu jej kvality a viesť k zvýšenej ochrane a zlepšeniu vodného prostredia. Implementáciou RSV sa zmenil spôsob hodnotenia kvality vód na Slovensku a zaviedla sa jednotná metodika hodnotenia kvality povrchovej vody v krajinách EU. Posudzovanie podľa požiadaviek RSV je založené na vyhodnotení odchýlky stavu jednotlivých prvkov kvality od tzv. „referenčného stavu“. Referenčný stav zodpovedá podmienkam nenarušeného, resp. len minimálne antropogénne ovplyvneného vodného útvaru. Odchýlka od referenčných podmienok musí byť pre jednotlivé prvky kvality presne kvantifikovaná. Na vyhodnotenie ekologického stavu sa musí pre každý typ toku a pre každý prvek kvality vytvoriť klasifikačná schéma hodnotenia. Rozšíruje sa päť rôznych úrovní: 1 – stav veľmi dobrý, 2 – dobrý, 3 – priemerný, 4 – zlý a 5 – veľmi zlý. Hodnotia sa jednotlivé povodia, toky, resp. typy tokov a vodné útvary a ich celkový ekologický a chemický stav. Pri ekologickej stave sa vyhodnocujú biologické, hydromorfologické, fyzikálno – chemické a chemické prvky kvality. Referenčné podmienky a klasifikačné schémy pre jednotlivé prvky kvality majú byť typovo špecifické, to znamená, že majú presne charakterizovať jednotlivé typy povrchových tokov. Typológia hodnotenia povrchových vód pre Slovensko

má niekoľko typov tokov. Je založená na abiotických parametroch definovaných RSV, testovaných z hľadiska vplyvu na biotu, a je hierarchická. Na prvej úrovni je ekoregión. Podľa úrovne ekoregiónu sú vodné toky zaradené do dvoch oblastí: Karpaty, ktorej veľkosť tvorí veľkú časť nášho územia, a Panónska panva. Na druhej úrovni sú intervalové triedy výškového stupňa. Nadmorská výška je vo forme 4 výškových stupňov: toky s nadmorskou výškou 200 m n. m. a viac, od 200 do 500 m n. m., od 500 do 800 m n. m. a viac. Na tretej úrovni sa uplatnila veľkosť plochy povodia vo forme troch veľkostných tried s rozmedzím od 10 až po 1000 km<sup>2</sup>. Z dôvodu komplikovanej geológie na území Slovenska sa už vodné útvary nerozdeľujú do ďalších tried a geológia je daná ako jeden zmiešaný typ. Výsledkom hodnotenia typológie vodných tokov je 22 typov vodných tokov pre Slovensko. Rovnaké rozdelenie platí aj pre typológiu jazier, no tretiu úroveň delíme podľa priemernej hĺbky a veľkosti plochy. Jazier bolo vyčlenených 14 typov. (Bartík a kol., 2008).

Vodný útvar je podľa STN 750110 definovaný ako trvalé alebo dočasné sústredenie vody na zemskom povrchu alebo v zemskej kôre, charakterizované typickými formami výskytu a znakmi hydrologického režimu. Útvar povrchovej vody je vymedzená časť povrchovej vody, a to napr. potok, rieka, kanál. Jeden vodný útvar by mal prislúchať jednému typu a jednej kategórii povrchových vód (rieky alebo jazerá). Vycleňuje sa na základe geografických a hydromorfologických charakteristik. Na Slovensku bolo vyčlenených 1742 vodných útvarov. Z nich je 61 umelých, 19 výrazne zmenených, 853 potenciálne výrazne zmenených, 548 prirodzených a 261 sa zatial ešte nevyhodnotilo (Vyhláška 418/2010 Z. z. v aktuálnom znení). Pod pojmom stav vodného útvaru charakterizujeme vodný útvar zo zreteľom ku spôsobu užívania vody, tak ako bolo spomenuté už vyššie.

Faktory, ktoré sú súčasťou hodnotenia vplyvov na kvalitu povrchovej vody a podzemnej vody, sú:

- údaje o využívaní vód a o režime ich využívania,
- údaje o znečistení a o režime vypušťaných odpadových vód z bodových zdrojov znečistenia,
- údaje o znečistení z difúznych zdrojov znečistenia,
- identifikácia zdroja látka, ktorá spôsobuje nedosiahnutie environmentálnych cieľov.

Kvalita povrchovej vody sa hodnotí v každom monitorovanom mieste. Hodnotenie kvality povrchovej vody sa vykonáva spravidla raz ročne alebo za určené časové obdobie. Hodnotenie kvality povrchovej vody zahŕňa časové zmeny vybraných ukazovateľov a následné účelové grafické spracovanie alebo štatistické spracovanie údajov z monitorovania. Hodnotiť treba aj zmeny prírodných podmienok a zmien spôsobených ľudskou činnosťou.

### Zmiešavanie znečisťujúcej látky v toku

Pred samotným riešením, resp. hodnotením alebo

predikciou stavu zmiešania znečisťujúcej látky v toku vychádzame zo stavu vody vo vodnom útvare pred miestom vniku znečisťujúcej látky do toku, t.j. z pozadovej hodnoty koncentrácie. Je to priestorovo a časovo charakteristický rozsah koncentrácie látky v niektornej zložke prírodného prostredia, ktorý nezahŕňa pozitívne ani negatívne antropogénne vplyvy. To znamená že ak chceme riešiť šírenie znečistenia vo vodnom toku, je potrebné si najskôr stanoviť východzí stav bez znečistenia nežiaducou látkou. Podľa Európskej komisie predstavuje pozadová koncentrácia cieľových prvkov vo vodnom ekosystéme útvaru povrchovej vody hodnotu zodpovedajúcu nenarušeným podmienkam (žiadny príp. veľmi nízky stupeň antropogénneho ovplyvnenia). V čase, keď už znečisťujúca látka vnikne do vodného toku, spúšťa sa mechanizmus zmiešavania tejto látky s prúdiacou vodou v toku. Pri analýze a posúdení miery procesu zmiešavania je nevyhnutné poznáť zdrojovú koncentráciu znečisťujúcej látky, t.j. koncentráciu vypúštanej látky v mieste vniku do toku, a následne časový vývoj a priestorové rozdelenie koncentrácie v toku.

Ak by sme si zobrali ako príklad široký a plytký tok, zmiešavanie z hydrodynamického hľadiska môžeme rozdeliť do štyroch etáp – obr. 1. V prvej etape je určujúcim zmiešavacím mechanizmom gradient nerovnakej rýchlosťi látky, ktorá vstupuje do toku, a rýchlosťi prúdenia vody v toku. Druhá etapa je charakterizovaná úplným zmiešaním kontaminantu vo vertikálnom smere. Tretia etapa trvá do premiesania znečisťujúcej látky po celej šírke toku a štvrtá až dovtedy, pokiaľ sa nesená látka nepremieša v pozdĺžnom smere. Táto vzdialenosť môže byť až niekoľko kilometrov v závislosti od hydraulických a geometrických parametrov toku. Mieru zmiešavania v hydrodynamických modeloch zvyčajne vyjadruje koeficient disperzie.

Etapa 2 a 3 sa v malých úzkych tokoch častokrát zanedbáva kvôli rozmerom toku, a uvažuje sa iba s pozdĺžnym zmiešavaním znečisťujúcej látky.

Matematické vyjadrenie disperzie opisuje advekčno – disperzná diferenciálna rovnica v trojrozmernom tvare (Velísková a kol., 2014):

$$\frac{\partial c}{\partial t} + v_x \frac{\partial c}{\partial x} + v_y \frac{\partial c}{\partial y} + v_z \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) \pm \alpha \cdot c \pm F \quad (1)$$

kde

$\alpha$  – reakčný koeficient rozpadu (samočistenia) látky [ $s^{-1}$ ],

$c$  – hmotnosná koncentrácia [ $kg \cdot m^{-3}$ ],  
 $D_x, D_y, D_z$  – koeficient disperzie v pozdĺžnom, priečnom a vertikálnom smere [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ],

$F$  – funkcia reprezentujúca zdroj znečistenia, t.j. vstup a stratu externých zdrojov znečistenia v priestore a čase [ $kg \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$ ],

$t$  – čas (s),

$v_x, v_y, v_z$  – zložky bodovej rýchlosťi prúdenia vody v toku v smere osí x, y, z, [ $m \cdot s^{-1}$ ]

Vzdialenosť, kedy sa látka dostane do celej šírky toku môže byť rôzna a závisí od parametrov toku a od podmienok prúdenia v ňom. Existuje mnoho vzťahov na určenie orientačnej hodnoty tejto tzv. zmiešavacej vzdialnosti (Fischer et al., 1979; Chanson, 2004; Říha, 2000), v ktorých sa autori snažili určiť túto hodnotu na základe hlavných hydraulických parametrov. Jeden zo vzťahov je (Chanson, 2004):

$$L \sim 0.1 \frac{UW^2}{D_y} \quad (2)$$

kde

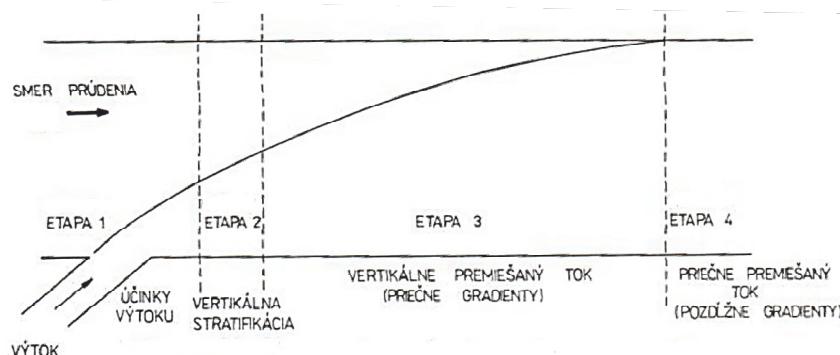
$U$  – priemerná profilová rýchlosť, rýchlosť prúdenia v toku [ $m \cdot s^{-1}$ ],

$W$  – šírka vodného toku [m],

$L$  – vzdialenosť zmiešavania [m],

$D_y$  – koeficient priečneho zmiešavania (disperzie) [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ].

Rovnica pre odhad zmiešavacej dĺžky indikuje, že vzdialenosť potrebná pre úplné priečne premiešanie látky v širokej rieke môže byť dlhá aj niekoľko kilometrov. Napríklad, v malej rieke s širkou koryta do 5 met-



Obr. 1 Schematické znázornenie etáp zmiešavania pod vyústením znečistenia.  
 (Velísková, Kohutiar, 1992).

Fig. 1 Schematic representation of mixing regime under contaminant effluent.

rov je vzdialenosť zmešania okolo stoviek metrov. V širokých rieках (napríklad Mississippi, zo šírkou 240m) môže byť zmešavacia dĺžka v podmienkach s danou geometriou a prúdením aj niekoľko desiatok kilometrov. (Kim, 2012).

Pri disperzii dochádza k rozptylu sledovanej látky v dôsledku prúdenia kvapaliny, pričom rozpustená látka sa pohybuje z miest s vyššou koncentráciou k miestam s nižšou koncentráciou v smere prúdenia kvapaliny. Jej pôsobením dochádza ku znižovaniu maximálnych hodnôt koncentrácie rozpustenej látky v toku (Velíšková a kol., 2014). Hlavnou charakteristikou miery disperzie sú koeficienty disperzie. Pri úlohách spojených s analýzou transportu znečistenia po dĺžke v prirodzených tokoch sa využíva jednorozmerná forma advekčno – disperznej rovnice (rov.1). Klúčovým parametrom je rýchlosť s koeficientom pozdĺžnej disperzie  $D_x$ .

Vzťahy, ktoré boli odvodene podľa rôznych autorov na určenie hodnoty koeficientu pozdĺžnej disperzie, ako jedného zo spomínaných klúčových parametrov, sú zosumarizované v tabuľke 1.

Každý z uvedených vzťahov má svoje limity, svoje obmedzené podmienky platnosti použitia, ktoré súvisia s podmienkami, pri ktorých bol získaný. Preto sa vedci neustále pokúšajú o univerzálniejsie vyjadrenie koeficienta pozdĺžnej disperzie v závislosti od základných parametrov koryta a hydrodynamických parametrov prúdenia v ňom. Napríklad autori Sattar a Garabaghi (2015) odvodili vzťah, kde hodnota  $D_x$  závisí od drsnosti dna, pomeru šírky ku hĺbke a Froudovo číslo. Autori sa domnievajú, že práve Froudovo číslo a aplikácia moderných metód GEP (Gene Expression Programming) môže zlepšiť stanovenie a presnosť hodnoty koeficienta pozdĺžnej disperzie.

Okrem iného, pri aplikácii genetických modelov na vygenerovanie hodnôt koeficientu disperzie ide aj o zistenie, či existuje všeobecná forma vzorca koeficientu pozdĺžnej disperzie v podmienkach prirodzených tokov (Wang, 2017).

Ďalším spôsobom, ako môžeme určiť hodnoty koefi-

cientov disperzie, je ich meranie priamo v teréne na konkrétnom toku pomocou stopovacích pokusov. Hodnoty z meraní sú presné, ale samotná realizácia stopovacích pokusov je náročná a vyžaduje dlhú prípravu (Ríha a kol., 2002). Je možné použiť stopovacie látky na princípe chemickej alebo fyzikálnej detekcie stopovača v toku. Chemické stopovače sú založené na princípe zmien koncentrácie stopovača vo vode, fyzikálne menia využívajú niektorú vlastnosť vody, napr. farbu, vodivosť a pod.

Pri kontinuálnom vypúšťaní stopovača sa stopovacia látka postupne uvoľňuje a včleňuje do hlavného prúdu a následne v merných profiloch sa zistujú zmeny koncentrácie stopovača v čase. V toku sa však nachádzajú aj miesta, kde sa nesená látka zadržiava a uvoľňuje len veľmi pozvoľne. Tieto miesta môžu byť vytvárané väčšími prekážkami, brehovým porastom, vyvratenými kameňmi a spadnutými konármi stromov, usmerňovacími stavbami, bočnými jamami a revitalizačnými objektmi. V teréne môžu takéto oblasti tzv. mýtvych zón vznikať aj vplyvom vegetácie rastúcej v toku (obr. 2).



Obr. 2. Ukážka brehového porastu a vegetácie vo vodnom toku a okolí v letných mesiacoch.

Fig. 2. Aquatic vegetation along the stream (Malina) during summer months.

**Tabuľka 1. Empirické rovnice pre určenie hodnoty koeficientu pozdĺžnej disperzie  $D_x$**   
(Julínek, Ríha, 2017)

**Table 1. Empirical equations for determination of the longitudinal dispersion coefficient value  $D_x$  (Julínek, Ríha, 2017)**

Autor	Empirická rovnica
Fischer et al. (1979)	$D_x = 0,011 \frac{U^2 W^2}{h u^*}$ (4)
Iwasa and Aya (1991)	$D_x = 2,0 h u^* \left(\frac{W}{h}\right)^{3/2}$ (5)
Seo and Cheong (1998)	$D_x = 5,915 h u^* \left(\frac{W}{h}\right)^{0,62} \left(\frac{U}{u^*}\right)^{1,428}$ (6)
Deng et al. (2001)	$D_x = 0,15 \left(\frac{h u^*}{8 \varepsilon_T}\right)^{\frac{5}{3}} \left(\frac{U}{u^*}\right)^2, \varepsilon_T = 0,145 + \left(\frac{1}{3250}\right) \left(\frac{W}{h}\right)^{1,38} \left(\frac{U}{u^*}\right)$ (7)
Kashefpour and Falconer (2002)	$D_x = 10,612 \frac{h U^2}{u^*}$ (8)
Sahay and Dutta (2009)	$D_x = 2,0 h u^* \left(\frac{W}{h}\right)^{0,96} \left(\frac{U}{u^*}\right)^{1,25}$ (9)

$h$  – priemerná hĺbka toku v priečnom profile,  $t$  – čas [s],  $u^*$  – tretia rýchlosť [ $m \cdot s^{-1}$ ],  $U$  – rýchlosť prúdenia v toku [ $m \cdot s^{-1}$ ],  $W$  – šírka vodného toku [ $m \cdot s^{-1}$ ],  $D_x$  – koeficient pozdĺžnej disperzie [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ].

Pri stopovacích pokusoch zohráva dôležitú úlohu aj spôsob, akým sa stopovač aplikuje do toku, menovite výber bodu vypúšťania v priečnom priereze toku.

## Záver

Príspevok sa v stručnosti venuje dvom čiastkovým tématam. Prvá sa týka aktuálneho spôsobu hodnotenia stavu povrchových vôd na Slovensku v zmysle platnej legislatívy po prijatí RSV. Táto smernica ustanovuje rámec ochrany povrchových vôd, ktorý má zabrániť ďalšiemu zhoršovaniu vodných ekosystémov, podporí trvalo udržateľné využívanie vody založené na dlhodobej ochrane využiteľných vodných zdrojov, povedie k zvýšenej ochrane a zlepšeniu vodného prostredia, prispeje k zmierneniu účinkov povodní a sucha. RSV bola prebraná do slovenskej legislatívy, konkrétnie do zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách a do jeho následných noviel. Tým sa úplne zmenil pohľad na ochranu a hodnotenie kvality povrchových vôd, ktoré boli rozdelené podľa typológie vodných útvarov. Ďalej je v príspevku načrtnutý spôsob riešenia úloh vodného hospodárstva spojených s kvalitou vody, s návrhom opatrení na jej zlepšenie, príp. udržanie v prípade vniku znečistujúcej látky do toku. Poznať schopnosť toku premiešať vniknuté znečistenie, a tým znížiť koncentráciu nesenej látky, je pri týchto úlohach veľmi dôležité. Jednou z charakteristik opisujúcich túto vlastnosť je koeficient pozdĺžnej disperzie. Hodnoty tohto koeficientu sú často-krát kľúčovým vstupným údajom simulačných modelov, ktoré sú dôležitým nástrojom hodnotenia opatrení na udržanie, prípadne zlepšenie kvality vôd vo vodných tokoch. Niektoré empirické vzťahy na určenie hodnoty koeficiente pozdĺžnej disperzie sú zosumarizované v tabuľke 1. Pri aplikácii každého z nich je však nevyhnutné striktné dodržiavanie podmienok ich platnosti.

## Poděkovanie:

Tento príspevok vznikol za podpory vedeckej grantovej agentúry VEGA v rámci riešenej grantovej úlohy č. VEGA 1/0805/16 „Lokalizácia bodových zdrojov havarijného znečistenia vodných tokov na základe údajov z on-line monitoringu“, ako aj vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre dopytovo orientovaný projekt: Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia ITMS 262401200004, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

Bartík, I., Baláži, P., Hamerlík, L., Hlúbiková, D., Kučárová, K., Magulová, R., Makovinská, J., Melová, K., Mišková Elexová, E., Mužík, V., Pastuchová, Z., Šporka, F., Tóthová, L., Valúchová, M. (2008): Hodnotenie ekologickej stavu vodných tokov v Slovenskej republike. Časť 1: Princípy hodnotenia. Vodo-

- hospodársky spravodajca 5-6 (51): s. 8 – 11.  
Deng, Z.Q., Singh, V.P., Bengtsson, L. (2001): Longitudinal dispersion coefficient in straight rivers. *J. Hydraul. Eng.*, 127 (11), pp. 919–927  
Kim, D. (2012): Assessment of longitudinal dispersion coefficients using Acoustic Doppler Current Profilers in large river. *Journal of Hydro-environmental Research*, vol. 6, No.1, 29-39. (<https://doi.org/10.1016/j.jher.2011.06.001>)  
Fischer, B.H., List, E.J., Koh, C.Y., Imberger, J., Brooks, N.H. (1979): Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic press Inc, New York, N.Y  
Chanson, H. (2004): Environmental Hydraulics of Open Channel Flows. Elsevier Butterworth – Heinemann, Burlington, MA.  
Iwasa, Y., Aya, S. (1991): Predicting longitudinal dispersion coefficient in open channel flows. In: Proceedings of International Symposium on Environ. Hydraulic, Hong Kong, pp. 505–510.  
Julínek, T., Říha, J. (2017): Longitudinal dispersion in an open channel determined from a tracer study. *Environ Earth Sci* (2017) 76:592. doi10.1007/s12665-017-6913-1.  
Kashefpour, S.M., Falconer, R.A. (2002): Longitudinal dispersion coefficients in natural channels. *Water Res.*, 36 (2002), pp. 1596–1608  
Pekárová, P., Velísková, Y. (1998): Modelovanie kvality vody v povodí Ondavy. Bratislava: Veda. 256 str.  
Sahay, R.R. (2013): Predicting longitudinal dispersion coefficients in sinuous rivers by genetic algorithm. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 61 (3), pp. 214–221.  
Sattar, AM., Gharabaghi, B. (2015). Gene expression models for prediction of longitudinal dispersion coefficient in streams. *Journal of Hydrology*. 524, 587–596.  
Seo, I.W., Cheong, T.S. (1998): Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams. *Journal Hydraul. ENG.*, 124(1)(1998), pp. 25–32  
Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ktorou sa ustanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia Spoločnosti v oblasti vodného hospodárstva, tzv. „Rámcová smernica o vodách“, [www.vuvh.sk](http://www.vuvh.sk)  
STN 75 0110. Vodné hospodárstvo. Hydrológia. Terminológia.  
Říha, J., Doležal, P., Jandora, J., Ošlejšková, J., Ryl, T. (2000): Jakost vody v povrchových tocích a její matematické modelovaní. Brno: NOEL 2000, 269 s.  
Velísková, Y., Sokáč, M., Halaj P. (2014): Disperzia v povrchových tokoch – meranie a modelovanie. Brno: ARDEC, s.r.o. 118 str.  
Velísková, Y., Kohutiar, J. (1992): Určenie koeficientov priečneho zmiešavania v širokých plitkých tokoch. *Vodohosp. Čas.*, 40, 1992, č.6, s. 506 – 516  
Vyhľaska č. 418/2010 Z.z. Vyhľaska Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona (v znení č. 212/2016 Z.z.), <http://www.zakonypreldi.sk/zz/2010-418>  
Wang, Y., Huai, W., Wang, W. (2017): Physically sound formula for longitudinal dispersion coefficients of natural rivers. *Journal of Hydrology* 544(2017)511-523.

**ASSESSMENT OF WATER STREAMS IN SLOVAKIA CONDITION  
AND POSSIBILITIES OF MIXING PARAMETERS DETERMINATION IN WATER STREAMS**

The present study deals with two topics. The first one is focused on current method assessment of situation of stream water quality in Slovakia. Assessment is carried out in framework of valid legislation after accepted Water Framework Directive (WFD). This Directive establishing a framework of surface water protection and should prevent to further water ecosystems worsening and support sustainable using water. After transformation of WFD into Slovak legislation, the assessment of the quality of water stream has changed in total. Surface water streams are divided according to their typology. Typology is based on abiotic parameters and is hierarchical. It is divided into the ranks like ecoregion, altitude in the form of four elevation grades, size of water stream and geology. According to this assessment method, there are 22 types of water streams and 14 types of lakes in Slovakia.

In addition, the article outlined the way of solving the problems of water management related to water quality. It is very important to know the ability of a stream to mix incoming pollution, thereby reducing concentration

of the substance in water. Dispersion is one of the main phenomena which influence the mixing process. Its effect decreases the maximum pollutant concentrations in water stream. The main characteristics are the dispersion coefficients. The longitudinal dispersion coefficient is one of the characteristics that describe the ability of stream to mix incoming pollution. The values of this coefficient are often the key input data of simulation models, which are very often used with the purpose improving quality of water in water streams. Empirical equations for determination of the longitudinal dispersion coefficient values derived by various authors are summarized in the table 1. Another way how we can determine values of dispersion coefficient is to perform tracer experiments on particular stream.

Transport of pollutants in water streams presents a complex of physical, chemical and biological processes and factors. Their recognition and cognition limits the possibilities of their effects or management, therefore it is necessary to paid attention to the study of these processes.

Ing. Tatiana Kimličková  
Ing. Yvetta Velíšková, PhD.  
Ústav hydrológie SAV,  
Dúbravská cesta 9  
841 04 Bratislava  
Tel.: +4212 3229 3509  
E-mail: kimlickova@uh.savba.sk